

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-260479

(43)Date of publication of application : 23.10.1990

(51)Int.Cl.

H01S 3/117

(21)Application number : 01-079603

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 30.03.1989

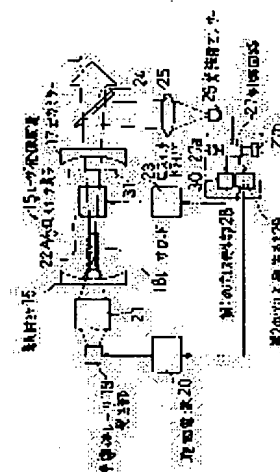
(72)Inventor : YUASA HIROSHI

## (54) LASER OSCILLATOR

## (57)Abstract:

PURPOSE: To output a single wavelength light having high peak value of an output pulse stably in high efficiency by detecting a laser light output in such a manner that an exciting light intensity exceeds a threshold value, stopping the operation of a Q switch, and generating a giant pulse.

CONSTITUTION: An exciting light intensity is gradually increased by first pulse generating means 28 controlled by a control circuit 27 in a state that a Q switch 22 is driven to oscillate a single wavelength light and to output it from a resonator. This output light is detected by output detecting means 26, the switch 22 is stopped in cooperation with the detection of the output, and a giant pulse is generated. Thus, a single wavelength laser pulse light stable with high output can be oscillated in high efficiency.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-260479

⑪ Int. Cl.<sup>9</sup>  
H 01 S 3/117

識別記号 庁内整理番号  
7630-5F

⑬ 公開 平成2年(1990)10月23日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 レーザ発振装置

⑮ 特 願 平1-79603

⑯ 出 願 平1(1989)3月30日

⑰ 発 明 者 湯 浅 広 士 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝生産  
技術研究所内

⑱ 出 願 人 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑲ 代 理 人 弁理士 鈴江 武彦 外3名

明 細 書

1. 発明の名称

レーザ発振装置

2. 特許請求の範囲

高反射ミラーと、この高反射ミラーに対峙して光共振器を構成する出力ミラーと、上記高反射ミラーと出力ミラーとの間に設けられたレーザ媒質およびQスイッチ素子と、上記レーザ媒質を励起する励起光発生部と、この励起光発生部を発光させる駆動電源と、この駆動電源の出力を発生させさらに所定の増加率で増大するように指示する信号を発生する第1のパルス発生手段と、上記駆動電源の出力を所定の減少率で減少させさらに停止するように指示する信号を発生する第2のパルス発生手段と、上記Qスイッチ素子を駆動するQスイッチドライバと、上記出力ミラーから出力されるレーザ光を検知する出力検知手段と、この出力検知手段によるレーザ出力の検知に基づき上記第1および第2のパルス発生部およびQスイッチドライバを所定周波数で連続制御する制御回路と

を具備することを特徴とするレーザ発振装置。

3. 発明の詳細な説明

(発明の目的)

(産業上の利用分野)

本発明は、光共振器内にQスイッチを挿入することでジャイアントパルス(giant pulse)を得るレーザ発振装置に関する。

(従来の技術)

ジャイアントパルスを生ずるレーザ光を得るために、第4図に示される固体レーザ発振装置1がある。このレーザ装置1は互いに四面鏡部分を対峙した高反射ミラー2と出力ミラー3とからなる光共振器を備えている。これら高反射ミラー2と出力ミラー3との間にはレーザ媒質としての例えばYAGレーザロッド4が挿入されている。このYAGレーザロッド4は上記高反射ミラー2の外側に設けられた励起光発生部としての半導体レーザ発生部5から発生される半導体レーザ光によって励起される。なお、上記高反射ミラー2は反射面に誘電体多層膜が形成され上記半導体レー

ザ光を透過し且つYAGレーザ光を反射するようになっている。

上記半導体レーザ発振部5には電圧を印加する駆動電源6が接続されており、この半導体レーザ発振部5は駆動電源6による電圧の印加で励起レーザ光を発振する。この励起レーザ光は上記高反射ミラー2と半導体レーザ発振部5との間に挿入された集光光学系7により集光されて上記レーザロッド4に照射される。また、上記レーザロッド4と出力ミラー3との間にはA/O-Qスイッチ素子8が挿入されている。このA/O-Qスイッチ素子8にはQスイッチドライバ9が接続されており、所定周波数で電圧を印加するようになっている。

上述のように構成されたレーザ発振装置1は、第5図に示されるように制御される。上記駆動電源6はその印加電圧を一定に保持し、一定の光強度 $P_2$ の励起光を出力させる。そして、上記Qスイッチドライバ9はRF(Radio Frequency)パワーをA/O-Qスイッチ素子8に入力する。このRFパワーはレーザ発振を停止させるのに十分な

がある。

同様に構成されたレーザ発振装置により第7図に示されるような制御を行なうことができる。このレーザ装置の制御方式はブリーズ方式の単一周波数A/O-Qスイッチパルス発振と称され、例えば[G.T.Nakor and A.I.Ferguson, Opt. Lett. 13, 481(1988)]に示されている。この制御によると、励起光強度を常に一定値 $P_2$ に保ち、A/O-Qスイッチ素子8に印加するパワーレベルを $R_2$ より小さい $R_3$ に設定し、しきい値を上記励起光強度によって得られる利得よりわずかに下となるようにし、単一波長光の発振状態を所定時間 $t_3$ 保持してからA/O-Qスイッチ素子8の作動を所定時間 $t_4$ にわたって停止することで、時間 $t_3$ 間に保持されていた単一波長光を増幅する形で単一波長のジャイアントパルスを得るものである。ところが、上記制御によると、A/O-Qスイッチ素子8が作動状態にあるときでも、共振器2, 3内でレーザ光が発振しているので、レーザロッド4の反転分布を十分に高めることができないという欠点があっ

強度 $R_2$ で所定微小時間 $t_1$ の間出力され、この後の所定微小時間 $t_2$ の間停止する。つまり、上記A/O-Qスイッチ素子8は $t_1$ の間レーザ発振を停止させ、これに続く $t_2$ の間レーザを発振状態にしジャイアントパルスを出力させる。なお、図中における鎖線はレーザ光が出力されるためのしきい値を示す。

このようにして出力されたレーザ光のパルス出力は高分解測定を行なうと、第6図中に示されるように複数の縦モードで発振することによって生ずる縦モード間の競合により、ビートがかさかさ重なったパルス波形となる。このビートは各パルス毎に異なり、従ってパルス毎の強度が変化する。このように、出力光の強度を安定させることが困難であるという欠点があった。このため、第4図中に鎖線で示されるように非線形光学素子10を共振器2, 3内に挿入しても、安定した第2高調波を発振させることが困難であった。従って、モード競合による出力強度の不安定を解消するには、縦モードが単一の単一波長光にする必要

た。このため、出力光のピークパワーは前述の制御の場合より低いものである。このようにレーザ光の出力が低い場合には非線形光学素子を挿入しても第2高調波への変換効率が低いものであった。

他のレーザ装置の例を第8図および第9図を参照して説明する。このレーザ装置の制御方式はゲインスイッチ方式と称され、例えば[A.Ouyang, G.Rhadiol, P.Esherick, R.L.Schmitt, and L.A.Rahn, Opt. Lett. 484(1985)]に示されている。A/O-Qスイッチ素子およびQスイッチドライバが設けられておらず他の部分は上記レーザ装置と同様である。このように構成されたレーザ装置11は励起光強度を鎖線で示されるしきい値よりも常に高い出力で励起し、所定時間 $t_5$ の間は上記しきい値よりもわずかに高い出力で励起し、その後所定時間 $t_6$ の間励起光強度を所定値まで増大させる。このような制御によれば、上記所定時間 $t_5$ の間に単一波長光が発振され、次に所定時間 $t_6$ の間上記単一波長を増幅する形で、単一波長の所定の出力を得ることができる。ところが、この制御におい

てはQスイッチのようにエネルギーをレーザロッドに蓄えることができず、やはりレーザロッド4の反転分布を十分に高めることができないので出力されるYAGレーザ光出力のピーク値を高めることができなかった。

(発明が解決しようとする課題)

固体レーザ装置において、Qスイッチを使用することにより、ジャイアントパルスを生ずるために、各種の装置およびその制御方式が開発されている。ところが、レーザ出力のパルス波形のピークを高めると、出力されるレーザ光の波長が安定しない。このため、しきい値よりわずかに高いパワーで励起することで、単一波長光を発振させ、その後に、励起光発生部もしくはQスイッチの制御により、励起光強度をしきい値より著しく高い値に制御することにより、強いパルス出力を生ずる装置が提案されている。しかしながら、単一波長を発振した直後に固体レーザ媒質を励起しても、十分大きな反転分布が得られないので、レーザ出力のピーク値を高めることが困難であっ

た。

本発明は上記課題に着目してなされたものであり、安定で且つ高出力の単一波長レーザパルス光を高効率で発振できるレーザ発振装置を提供することを目的とする。

(発明の構成)

(課題を解決するための手段)

光共振器内にレーザ媒質を挿入し、このレーザ媒質を励起する励起光発生部を設け、この励起光発生部を駆動する駆動電源を設け、この駆動電源の出力を生じさせ、さらに所定の増加率で増大するように指示する信号を生ずる第1のパルス発生手段を設け、上記駆動電源の出力を所定の減少率で減少させさらに停止するように指示する信号を生ずる第2のパルス発生手段を設け、上記光共振器内にQスイッチ素子を挿入し、このQスイッチ素子を駆動するQスイッチドライバを設け、上記光共振器から出力されるレーザ光を検知する出力検知手段を設け、この出力検知手段によるレーザ出力の検知に基づき上記第1および第2のバ

ルス発生部およびスイッチドライバを所定の周波数で連続制御する制御回路を設けたレーザ発振装置にある。

(作 用)

Qスイッチを駆動した状態で、制御回路で制御された第1のパルス発生手段により、励起光強度をしだいに増加させることで、単一波長光が発振され、共振器から出力されると、この出力光を出力検知手段が検知し、この出力の検知に連動してQスイッチを停止し、ジャイアントパルスを生じさせることができる。

(実施例)

本発明における一実施例を第1図乃至第3図を参照して説明する。図中に示されるレーザ発振装置15は高反射ミラー16および出力ミラー17とからなる共振器を備えている。上記高反射ミラー16および出力ミラー17はともに反射面が凹面に形成されており、誘電体多層膜からなっている。さらに、上記共振器16、17内には固体レーザ媒質としての例えばYAGレーザロッド

18が挿入されている。このレーザロッド18は上記高反射ミラー16の外側に設けられた励起光発生部としての半導体レーザ発生部19により励起される。この半導体レーザ発生部19は駆動電源20により駆動される。なお、上記半導体レーザ発生部19で発光された半導体レーザ光は集光光学系21によって集光されて高反射ミラー16を通過し上記レーザロッド18に集光される。ここで、上記高反射ミラー16の反射面を構成する誘電体多層膜はレーザロッド18で発光されるYAGレーザ光を高反射率で反射し、半導体レーザ発生部19で発光される光を高透過率で透過するようになっている。

さらに、上記レーザロッド14と出力ミラー17との間にはA/O-Qスイッチ素子22が挿入されている。このA/O-Qスイッチ素子22にはQスイッチドライバ23が接続されている。

また、上記出力ミラー17の外側の出力光の光路上にはビームスプリッタ24が所定の角度傾斜されて、出力されたYAGレーザ光の極一部を分

光するように配設されている。この分光されたYAGレーザ光は集光レンズ25により集光されて、略焦点位置に設けられた光強度センサー26に入射するようになっている。ここで、上記ビームスプリッタ24、集光レンズ25および光強度センサー26は出力検知手段である。

そして、上記光強度センサー26の信号出力部、Qスイッチドライバの信号入力部、および駆動電源20の信号入力部はそれぞれ制御回路27によって制御されるようになっている。この制御回路27には装置全体の起動操作を行なうマニュアルスイッチ27aが設けられている。また、レーザ光の周波数を制御するためのタイムカウンタ27b、が設けられている。このタイムカウンタ27bは微少時間を高精度でカウントできるものである。また、上記制御回路27には上記半導体レーザ発生部19の駆動電源20を制御する際に起動する、第1および第2のパルス発生部28、29が設けられている。このうち第1パルス発生部28は制御回路27からの信号を受けると、駆

動電源20が電圧の印加を開始し、且つ所定の増加率で励起光強度が増大するように指示するパルス信号を発生する。この励起光強度の増加率はレーザロッド18が自然放出過程によって失われるエネルギーの割合よりも大である必要がある。

また、上記第2パルス発生部29は上記制御回路27から駆動電源を停止する信号が出力された場合に、所定の減少率で励起光強度を減少して行き、最終的に電圧の印加を停止するように指示するパルス信号を発生する。

なお、上述した励起光強度の制御は、上記制御回路27で全て処理され、第1および第2のパルス発生部28、29はパルス信号の発生のみを行なう。

さらに、上記制御回路27には上記Qスイッチドライバ23の一定のRFパワーによる駆動および停止を制御するパルス信号を発生する第3のパルス発生部30が設けられている。

このように構成されたレーザ発振装置15は以下のような工程を1サイクルとして連続的にレー

ザ光を発振するように制御される。

まず、マニュアルスイッチ27aによりレーザ発振装置15を起動させることで、レーザ光の発振を開始する。第3図中におけるSTARTである。そして、第1工程としてA/O-Qスイッチ素子22にRFパワーを印加させる。ここで、Qスイッチドライバ23がA/O-Qスイッチ素子22に印加するRFパワーによって第2図中に鎖線で示される所定のしきい値が決定される。このQスイッチ22の駆動とともにタイムカウンタ27bが所定微少時間t7をカウントする。この所定微少時間t7は出力されるレーザ光のパルス周波数に基づいて決定される時間である。

第2工程において半導体レーザ発生部19が励起光の発光を開始する。この励起光は所定の増加率で光強度を増大するように制御される。

そして、上記励起光強度が増大して、上記A/O-Qスイッチ素子22が設定するしきい値を励起光強度がわずかに越えると、最も利得の高い波長のレーザ光(単一波長光: YAGレーザ光にお

いては1.06 $\mu$ m)のみが、上記出力ミラー17から出力される。この単一波長光の一部は上記ビームスプリッタ24によって分光され集光レンズ25に集光されて光強度センサー26に入射される。この単一波長光の検出によって第3工程が開始される。第3工程において、制御回路27はA/O-Qスイッチ素子22へのRFパワーの入力を停止し、これと同時に励起光強度の減少を開始する。つまり、第3のパルス発生部30によりQスイッチドライバ23がA/O-Qスイッチ素子22へのRFパワーの入力を停止するように制御される。また、これと同時に第2のパルス発生部29により、駆動電源20が所定の減少率で出力を減少し所定微少時間t9の後に出力が停止するように制御される。

そしてQスイッチ22の停止および、励起光強度の減少の開始と同時に所定微少時間t10をカウントする。ここで、所定微少時間t10はYAGレーザ光に要求される出力パルスの周波数によって決定される。

そして、この第3工程が終了した後は、再度上記第1工程を行なうように制御される。

上述の第1乃至第3工程により1パルス分のレーザー光出力が発生される。

このように第1工程から第3工程までの制御により、次第に増大する励起光強度がしきい値をわずかに越えると、単一波長（レーザー媒質において一番発振出力の高い波長）のレーザー光が発振されるが、このレーザー光の発振が始まるまでの所定時間t<sub>8</sub>の間の励起はパルスのため、そのピーク値P<sub>1</sub>は、第5図、第7図および第9図におけるP<sub>2</sub>、P<sub>3</sub>より高くとれ、また、RFレベルR<sub>1</sub>も第5図、第7図におけるR<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>よりも高くとれる。従って、レーザーロッド4の反転分布は第7図、第9図の場合よりも大きくなり、Qスイッチ22をOFFしたときに出力ピークの高い単一波長のジャイアントパルスが発生できる。

なお、上述のようなレーザー発振装置15の共振器16、17内に非線形光学素子31を挿入することで、従来のレーザー発振装置では得られな

った高い効率で安定した単一波長の第2高調波A/O-Qスイッチパルスが発生できる。

これは、上記非線形光学素子31が透過光の光強度が高いほど高調波への変換効率を高めることができるという性質をもっているためである。

なお、本発明は上記一実施例に限定されるものではない。例えば上記実施例では励起光発生部としての半導体レーザー発生部19を高反射ミラー16の外側に設けているが、レーザーロッド18の側方に位置させても同様の効果がえられる。また、レーザーロッド18、A/O-Qスイッチ素子22および非線形光学素子31等の材質等は何等限定されない。また、励起光発生部は半導体レーザー発生部19を用いているが、これに限定されず、第2図に示されるように励起光強度を変動できる励起光発生部であればよい。さらに、励起光強度の増加率と減少率が一定になっているが、これに限定されず上述のようにレーザー媒質の反転分布を進行させながら励起光強度を増加して行き、しきい値をわずかに越えた単一波長光をもとにジャイアント

パルスが発生できる波形形状で制御すれば同様の効果を得ることができる。また、第1および第2のパルス発生部28、29はそれぞれ個々に設けられているが、これに限定されず、一つのパルス発生部において、第1および第2のパルスが発生する回路を設けてもよく、第1および第2のパルスが発生する手段が設けられていればよい。

#### 〔発明の効果〕

所定の増加率で励起光強度を増大させて行く過程でレーザー媒質の反転分布を進行させ、この励起光強度がしきい値を越えて出力されたレーザー光を検出し、このレーザー出力の検出によりQスイッチの作動を停止させ、ジャイアントパルスが発生させることができる。これにより、従来構造に比較して出力パルスのピーク値が極めて高い単一波長光を高い効率で安定して出力できる。

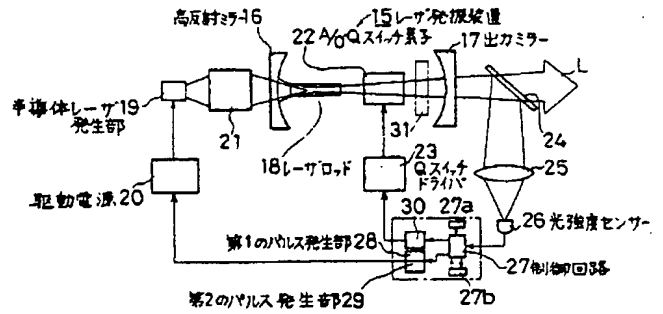
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図乃至第3図は本発明における一実施例であり、第1図はレーザー発振装置の概略的構成を示す平面図、第2図は横軸に時間を取り縦軸に固

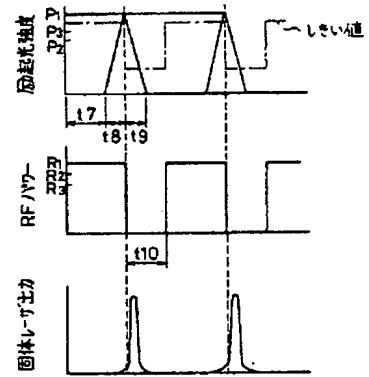
体レーザー出力とRFパワーそして励起光強度をそれぞれ示してレーザー光の発振状態を示すレーザー発振装置入出力図、第3図はレーザー発振装置の制御を示すフローチャート、第4図乃至第9図は従来例であり、第4図はレーザー装置の一例を示す概略的平面図、第5図は横軸に時間を取り縦軸に固体レーザー出力とRFパワーそして励起光強度をそれぞれ示してレーザー光の発振状態を示すレーザー発振装置の入出力図、第6図は横軸に時間を取り縦軸に固体レーザー出力を取り第5図中に示される固体レーザー出力の高分解能測定によるパルス波形を示す出力図、第7図は第4図中に示されるレーザー発振装置を他の制御方式で制御した場合の入出力図、第8図は他のレーザー発振装置の概略的構成を示す平面図、第9図は第8図中に示されるレーザー装置において横軸に時間を取り縦軸に固体レーザー出力および励起光強度を取り入出力状態を示す入出力図。

15…レーザー発振装置、16…高反射ミラー、17…出力ミラー、18…レーザーロッド（レーザ

媒質)、19…半導体レーザ発生部(励起光発生部)、20…駆動電源、22…A/O-Qスイッチ素子(Qスイッチ)、23…Qスイッチドライバ、26…光強度センサー(出力検知手段)、27…制御回路、28…第1のパルス発生部(第1のパルス発生手段)、29…第2のパルス発生部(第2のパルス発生手段)。

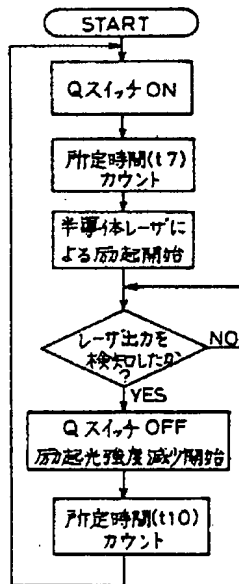


第 1 図

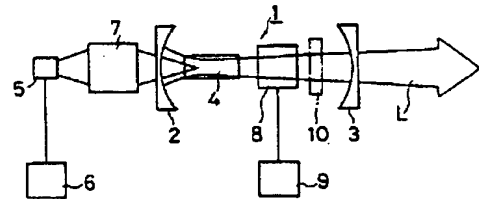


第 2 図

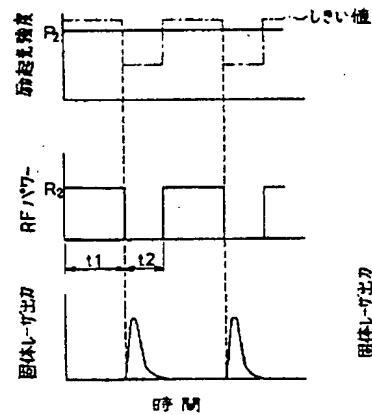
出願人代理人 弁理士 鈴江武彦



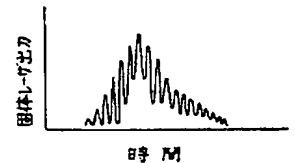
第 3 図



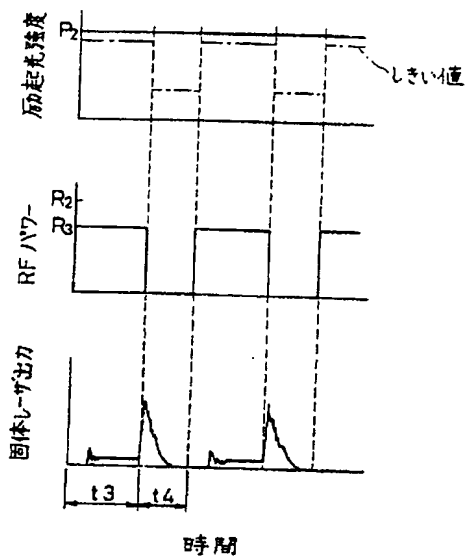
第 4 図



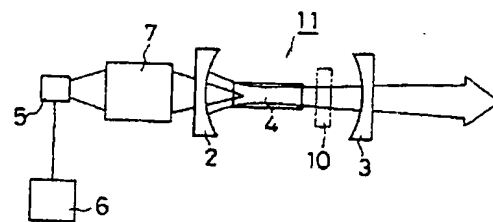
第 5 図



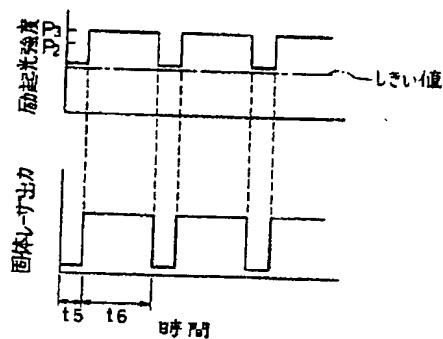
第 6 図



第 7 図



第 8 図



第 9 図